

**ESTIMASI FLUKS PERPINDAHAN ANTARKELAS  
POPULASI ASTEROID PELINTAS ORBIT BUMI**

**SKRIPSI**

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Fisika

Konsentrasi Fisika Bumi dan Antariksa



Oleh

Salma Ayu Hendayani  
NIM 1601549

**PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2020**

**ESTIMASI FLUKS PERPINDAHAN ANTARKELAS  
POPULASI ASTEROID PELINTAS ORBIT BUMI**

Oleh  
Salma Ayu Hendayani

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Sains di Program Studi Fisika  
Konsentrasi Fisika Bumi dan Antariksa  
FPMIPA UPI

© Salma Ayu Hendayani  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Juli 2020

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya ataupun sebagian,  
Dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

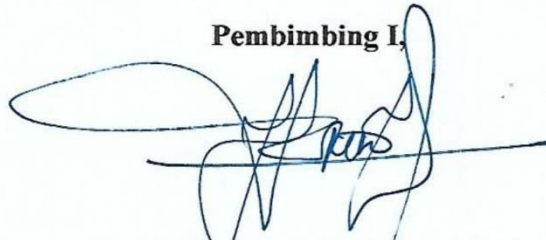
**ESTIMASI FLUKS PERPINDAHAN ANTARKELAS  
POPULASI ASTEROID PELINTAS ORBIT BUMI**

**Oleh:**

**Salma Ayu Hendayani**  
**NIM. 1601549**

**DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH:**

**Pembimbing I,**



**Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si.**

**NIP. 197703312008121001**

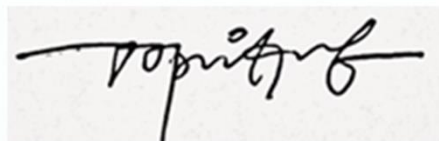
**Pembimbing II,**



**Ayu Dyah Pangestu, M.Si.**

**NIP. 199611272019022001**

**Ketua Departemen Pendidikan Fisika,**



**Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si.**

**NIP. 195904011986011001**

# ESTIMASI FLUKS PERPINDAHAN ANTARKELAS POPULASI ASTEROID PELINTAS ORBIT BUMI

Salma Ayu Hendayani

1601549

Pembimbing 1: Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si.

Pembimbing 2: Ayu Dyah Pangestu, M.Si.

Program Studi Fisika FPMIPA UPI

## ABSTRAK

Asteroid memiliki orbit yang kaotik, kaotik disini yaitu rentan mengalami peralihan orbit. Peralihan orbit menyebabkan asteroid mengalami perpindahan kelas dari kelas asalnya. Terdapat empat kelas utama asteroid dekat-Bumi yaitu Apollo, Amor, Aten, dan Atira. Dua diantaranya, yaitu Apollo ( $a > 1$  SA, dan  $q < 1,02$  SA) dan Aten ( $a < 1$  SA dan  $Q > 0,98$ ), memiliki orbit yang berpotongan dengan orbit Bumi yang akan berpotensi membahayakan planet Bumi. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh nilai fluks-masuk kedua kelas dengan menganggap masing-masing kelas berada dalam keadaan tunak dan menganalisis resonansi yang mempengaruhinya. Pada penelitian ini digunakan 3372 sampel asteroid dekat-Bumi nyata dengan orbit yang dikenal baik ( $U=0$ ). Dengan menggunakan simulasi numerik berdurasi  $5 \times 10^6$  tahun berbantuan paket integrator Swift\_RMVS4 dengan model Tata Surya yang terdiri dari Matahari dan kedelapan planet termasuk Bulan sebagai objek terpisah. Pada penelitian ini diperoleh bahwa jumlah asteroid kelas Apollo yang berubah menjadi Aten maupun sebaliknya, adalah sama besar. Fluks-masuk dari Apollo menuju Aten dan dari Aten menuju Apollo, masing-masing adalah  $2,37 \pm 0,28$  per juta tahun untuk  $H < 18$  dan  $1,84 \pm 0,29$  per juta tahun untuk  $H < 18$ . Dari 3372 sampel asteroid, ditemukan 41 asteroid kelas Apollo dan Aten yang mengalami kemungkinan resonansi gerak rata-rata (*mean-motion resonance*) 1:1 dan 1:2 dengan Bumi.

**Kata kunci:** Asteroid Dekat-Bumi, Efek Gravitasi, Evolusi Orbit, Fluks-Masuk, Resonansi.

# ESTIMATED FLUX OF ORBITAL CLASS-EXCHANGE OF EARTH CROSSER ASTEROIDS POPULATION

Salma Ayu Hendayani

1601549

Pembimbing 1: Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si.

Pembimbing 2: Ayu Dyah Pangestu, M.Si.

Program Studi Fisika FPMIPA UPI

## ABSTRACT

*Asteroids had an caotic orbits which make their orbit unstable. It cause the asteroids evolved from their original class. There were four major classes of near-Earth asteroid (Apollo, Amor, Aten, and Atira). Apollo ( $a > 1$  AU and  $q < 1,02$  AU) and Aten ( $a < 1$  AU and  $Q > 0,98$  AU) are known to have orbit intersects the Earth's, potentially endangering the planet especially the Earth. This study was to find an estimated influx of evolved asteroids by assuming each class is in a steady state. In this study, 3372 samples of real near-Earth asteroids with well-known orbits ( $U = 0$ ) were used. Using numerical simulations of  $5 \times 10^6$  years aided by the Swift\_RMVS4 integrator package with a Solar System model consisting of the Sun and eight planets including the Moon as separate objects), it was found that the number of Apollo class asteroids changed to Aten and from Aten to Apollo, is the same. The influx of entrance of Apollo to Aten and from Aten to Apollo respectively were  $2,37 \pm 0,28$  per million years for  $H < 18$  and  $1,84 \pm 0,29$  per million years for  $H < 18$ . In addition, this study also found that there are 41 asteroids from 3372 asteroid samples have possibility in state of 1:1 and 1:2 resonance with Earth in the future.*

**Keywords:** *Influx, Near-Earth Asteroid, Gravitational Effect, Orbital Evolution, Resonance.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
UCAPAN TERIMA KASIH .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II .....	6
KAJIAN PUSTAKA .....	6
2.1 Asteroid dekat-Bumi .....	6
2.2 Perpindahan antarkelas asteroid pelintas orbit Bumi .....	10
2.3 Resonansi .....	11
BAB III .....	13
METODE PENELITIAN .....	13
3.1 Rancangan Penelitian .....	13
3.2 Sampel Data Penelitian .....	14
3.3 Integrasi Paket Integrator <i>Swift Regularized Mixed Variable Symplectic 4</i> ( <i>Swift_RMVS4</i> ) .....	17
3.4 Pemrograman Menggunakan Swift Visual ( <i>SwiftVis</i> ) .....	19
3.5 Analisis Data .....	20
BAB IV .....	25
TEMUAN DAN PEMBAHASAN .....	25
4. 1. Fluks Perpindahan Asteroid Apollo-Aten .....	25

4. 2. Jumlah Asteroid Apollo-Aten yang Mungkin Beresonansi 1:1 dan 1:2 Bumi .....	30
BAB V.....	37
SIMPULAN DAN REKOMENDASI.....	37
5. 1. Simpulan.....	37
5. 2. Rekomendasi.....	37
DAFTAR PUSTAKA .....	38
LAMPIRAN.....	40

## DAFTAR PUSTAKA

- Bottke, W. F., Nolan, M., Greenberg, R., & Kolvoord, R. (1994). Collisional lifetimes and impact statistics of near-Earth asteroids. *Univ. of Arizona Press*.
- Bottke, W. F., Morbidelli, A., Jedicke, R., Petit, J. M., Levison, H. F., Michel, P., et al. (2002). Debaised orbital and absolute magnitude distribution of near-Earth objects. *Icarus* 156, 399-433.
- Emel'yaneko, V. V. (2016). Near-Sun Asteroids. *Astronomicheskii Vestnik* 51., 67-71.
- Forgacs-Dajka, E., Sandor, Z., & Erdi, B. (2018). A Fast Method to Identify Mean Motion Resonances. *Monthly Notices of the Royal Astronomical*, 477, 3383-3389.
- Gallardo, T. (2006). Atlas of the mean motion resonances in the Solar System. *Icarus* 184 , 29–38.
- Harris, A. W., & D'Abramo, G. (2015). The population of near-Earth asteroids. *Icarus* 257, 302-312.
- Haynes, K. (2019, July). *A strange family of space rocks that circle close to the Sun*. Dipetik January 2020, dari Astronomy: <http://www.astronomy.com/news/2019/07/atira-asteroids-a-strange-family-of-space-rocks-that-circle-close-to-the-sun>
- Iorio, L. (2002). Recent Developments in Testing General Relativity with Satellite Laser Ranging. *Nuovo Cimento Rivista Serie*. 1-73.
- Lakdawalla, E. (2011). *Close approach to Earth turns Apollo into Aten*. Dipetik Agustus 2020, dari planetary.org: <https://www.planetary.org/articles/2908>.
- Levison, H. (2016). *Improving Swift*. Dipetik October 2019, dari Slide Player: <https://slideplayer.com/slide/9940787/#.XYCjknLkKjQ.gmail>.
- Levison, H. F., & Duncan, M. J. (1994). The long-term dynamical behaviour of short-period comets. *Icarus* 108, 18-36.



- Lewis, M. Y. (2012). *Analytng and Plotting for Planetary Science*. Diambil kembali dari Trinity.edu: <http://www.cs.trinity.edu/~mlewis/SwiftVis/>
- Michel, P., Zappala, V., Cellino, A., & Tanga, P. (2000). Estimated abundance of atens and asteroids evolving an orbits between Earth and Sun. *Icarus 143*, 421-424.
- Morais, M. H., & Morbidelli, A. (2002). The population of near-earth asteroids in coorbital motion with the earth. *Icarus 143*, 1-9.
- Saha, P., & Tremaine, S. (1993). The orbit of the retrograde jovian satellites. *Icarus 106*, 549-562.
- Utama, J. A., Dermawan, B., Hidayat, T., & Fauzi, U. (2015). DINAMIKA ORBIT ASTEROID 2012 DA14 PASCAPAPASAN DEKAT DENGAN BUMI. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 16(1), 1-5.
- Utama, J. A., Hidayat, T., Fauzi, U., & Simatupang, F. M. (2016). Estimasi rasio populasi asteroid pelintas orbit Bumi dari simulasi orbital yang menyertakan Efek Termal. *Prosiding Seminar Sains Antariksa*, 1-7.
- Wisdom, J., & Holman, M. (1991). Symplectic maps for the N-body problem. *Astronomical Journal*, 102, 1528-1538.